جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره بیست، زمستان ۱۳۹۵

صص ۳۸- ۲۱

DOI: 10.22067/geo.v5i4.52133

مدل‌سازی تلفات انسانی در سناریوی وقوع زلزله شبانه منطقهٔ یک شهر اهواز بر پایهٔ مدل کوبرن فازی[1]

مصطفی محمدی ده چشمه[2]- استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

رضا نظرپور دزکی- دانش آموختهٔ کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۱/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۹/۱۷

چکیده

در کنار بوم‌ساخت خطرپذیر ایران در مواجهه با زلزله، گسترش شتابان شهرنشینی در دوران معاصر و پیدایش کلان‌شهرها به‌عنوان مکان‌های تجمع جمعیت انبوه، سرمایه و زیرساخت‌ها و مکان‌گزینی نامناسب آن‌ها در حریم ناامن گسل‌ها، زمینه‌ساز شکل‌گیری کانون‌های شهری عموماً ناایمن در برابر زلزله شده است. اهواز کلان‌شهری با موقعیت راهبردی در قلمرو جغرافیایی ایران (ژئو استراتژیک و ژئواکونومیک) نیز از قاعدهٔ خطرپذیری در برابر زلزله مستثنی نیست. بر این اساس، پژوهش حاضر با تدوین سناریو زلزله احتمالی شبانه و شبیه‌سازی آن در این شهر، سعی در برآورد تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله در نواحی پنج‌گانه منطقه یک کلان‌شهر اهواز دارد. این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی و از نظر ماهیت و روش توصیفی- تحلیلی است. همچنین روش آنالیز منتخب، فازی و مدل بررسی، مدل مرگ‌آوری کوبرن و همکاران است. یافته‌ها حاکی از آن است که از نظر تلفات انسانی ناحیه چهار با ۷۰۳۱ نفر بیشترین تلفات و ناحیه پنج با ٤۲۵ نفر کمترین تلفات را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین بررسی نشان داده است که علاوه بر زمان وقوع زلزله، نوع کاربری غالب و تراکم جمعیت بیشترین نقش را در میزان تلفات انسانی نواحی منطقه یک شهر اهواز ایفا می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: شهر اهواز، تلفات انسانی، زلزله، سناریو، روش‌های کوبرن و فازی.

---

1 Fussy Coburn

۲ نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۱۵۸۵۱۱

Email:m.mohammadi@scu.ac.ir

۱. مقدمه

به‌طورمعمول در بین سوانح طبیعی، زلزله با توجه به ضریب تکرار، گسترهٔ اثر، میزان و شدت خسارات و تلفات به‌عنوان فراگیرترین و مخرب‌ترین نوع مخاطرات طبیعی محسوب می‌شوند. به‌طور متوسط نزدیک به ۱۳۰/۰۰۰/۰۰۰ نفر در جهان، در معرض خطرات ناشی از وقوع زمین‌لرزه دارند (سازمان ملل، ۲۰۰۸: ٢٦)، این در حالی است که در قرن بیستم، ایران با ٤٧٢٧٦ نفر بالاترین میزان تلفات را دارا بوده است. بر پایه آمارهای موجود در ۲۵ سال گذشته بیش از ٦ درصد مرگ‌ومیرهای کشور ناشی از زلزله بوده است (ابراهیم‌زاده و کاشفی دوست، ۱۳۹۳: ٨٦). همچنین بر اساس گزارش سازمان ملل ایران به‌طور میانگین ٦ درصد از تلفات لرزه‌ای جهان را داراست (ابلقی، ١٣٨٤: ٢). به‌گونه‌ای که آخرین زلزله بزرگ در ایران یعنی زلزله بم، بیش از ۳۰ هزار کشته، بیش از ۱۰ هزار زخمی و بیش از ۱۰۰ هزار نفر بی‌خانمان و تخریب بیش از ۸۰ درصد از شهر و چیزی بیش از ۸۰۰ میلیون دلار خسارت مالی را به بار آورد (احدنژاد روشتی و جلیل‌پور،۱۳۹۲: ٢٤). از این منظر ایران جزو ده کشور نخست جهان در زمینهٔ بلاخیزی قرار دارد.

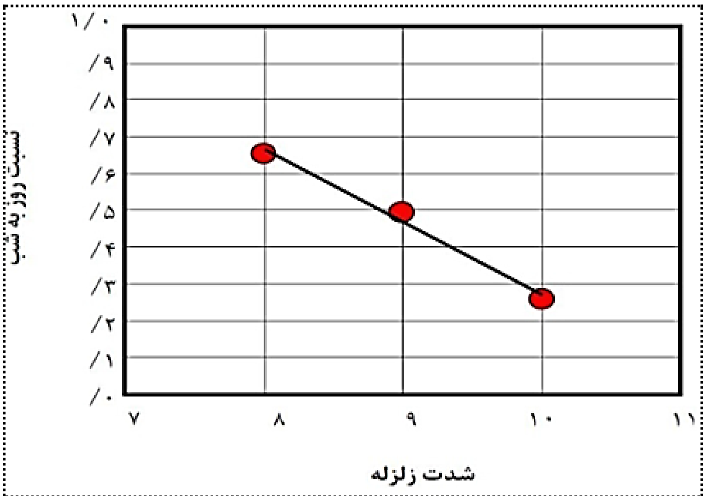
آنچه بر پیچیدگی‌های ناشی از سطح و تنوع خطرپذیری شهر ایرانی افزوده، پویش جمعیتی شهرگرا و عمدتاً تمرکز طلبی است که زمینه‌ساز شکل‌گیری کانون‌های شهری عموماً ناایمن در برابر مخاطرات و حوادث غیرمترقبه شده است (رهنمایی و محمدی ده‌چشمه،۱۳۸۸: ٢٨٤). چراکه به اعتقاد صاحب‌نظران آنچه موجب افزایش تلفات ناشی از زلزله می‌شود، خود زلزله نیست، بلکه ساختمان‌های غیرمقاوم یا کم مقاومتی است که بدون توجه به ملاحظات و اصول ایمنی، فنی و شهرسازانه ساخته می‌شوند. به عبارتی ازآنجاکه میزان تلفات انسانی تابعی از آسیب‌پذیری فیزیکی ابنیه است (راهنما و طالعی،۱۳۹۱: ۵۵) معمولاً عمده‌ترین تلفات انسانی زلزله‌های به وقوع پیوسته ناشی از آسیب وارده به ساختمان‌ها و سازه‌ها بوده و طبق برآوردهای انجام شده در جهان بالای ۷۵ درصد از مرگ‌ومیرها و اگر حوادث ثانویه زلزله را هم به آن اضافه کنیم، بیش از ۹۰ درصد از تلفات انسانی به ریزش ساختمان‌ها برمی‌گردد (لانتادا، ۲۰۰۸: ۲).

این در حالی است که صدمات و تلفات انسانی که دامنه‌ای از جراحات کوچک تا مرگ‌ومیر را در بر دارد، از مشخصه‌های مهم شدت زلزله محسوب می‌شوند (کوبرن و همکاران، ۲۰۰۲: ۳۲). ازاین‌رو برای برآورد دقیق تلفات انسانی ابتدا باید ضریب آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری محاسبه، سپس بر اساس خسارات فیزیکی، میزان تلفات انسانی را بر اساس مدل نسبت مرگ‌آوری[1] برآورد نمود (شیباتا و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۷۰۵). نسبت مرگ‌آوری به‌عنوان نسبتی از تعداد افراد کشته شده با تعداد ساکنین موجود در حین ریزش ساختمان تعریف می‌شود (فما، ۲۰۱۳: ۱۱۲). البته این نکته نیز قابل ذکر است که علاوه بر بعد کالبدی، مؤلفه زمان وقوع زلزله، نیز در برآورد تلفات

1 Lethality Ratio(LR)

انسانی مؤثر است، به‌گونه‌ای که میزان تلفات انسانی وقوع زلزله در شب هنگام نسبت به روز بـه علـت الگـوی اشـغال زمانی و امکان محدود واکنش سریع امداد و نجات بیشتر است (محمدی ده چشمه، ۱۳۹۲: ۱٥٦).

نکتهٔ قابل ذکر اینکه این حوزهٔ تحقیقات به‌ویژه در تدوین سناریو شبیه‌سـازی و آینـده‌نگـاری[1] زلزلـه همچنـان نـو محسوب می‌شود. از مهم‌ترین نمونه سوابق تحقیقاتی انجام شده می‌توان به موارد زیـر اشـاره نمـود: عزیـزی و اکبـری (۱۳۸۷)، با استفاده از مدل‌های AHP[2] و GIS[3] نشان داده‌اند که با افزایش مقدار متغیرهایی چون تراکم جمعیـت، تـراکم ساختمانی و فاصله از فضاهای باز میزان آسیب‌پذیری افزایش می‌یابد. قدیری و رکـن‌الـدین افتخـاری (۱۳۹۲)، نشـان داده‌اند که درجه آسیب‌پذیری مردم نه‌تنها به نزدیکی به منبع خطر و یا رفتار سنتی، بلکه به جایگاه اجتمـاعی و فضـایی آن‌ها در جامعه نیز وابسته است. ملکی و مودت (۱۳۹۲)، با استفاده از مدل‌هـای TOPSIS،µD و GIS بـه ایـن نتیجـه رسیده‌اند که در شهر یزد مناطق و محلات در برابر زلزله مقاومت و آسیب‌پذیری و میزان تلفـات متفـاوتی را دارا مـی-باشند. احد نژاد (۱۳۸۹) برای تدوین سناریوی تلفات انسانی بر مؤلفه‌های زمانی، کالبدی، سازه‌ای اشـاره نمـوده اسـت. همچنین راشد و همکاران (۲۰۰۲)، مهمـت (۲۰۰٤)، چـن کیپنـگ (۲۰۰۱)، فمـا (۲۰۱۳)، ای اس دی آر (۲۰۰۸)، ای پی‌ای (۲۰۱٤) و لانتاد و همکاران (۲۰۰۹) از دیگر تحقیقات این حوزه می‌باشند.



شکل ۱. نسبت تلفات زلزله در شدت‌های مختلف، روز و شب (اسفندیاری و همکاران،۱۳۹۳: ۲۹)

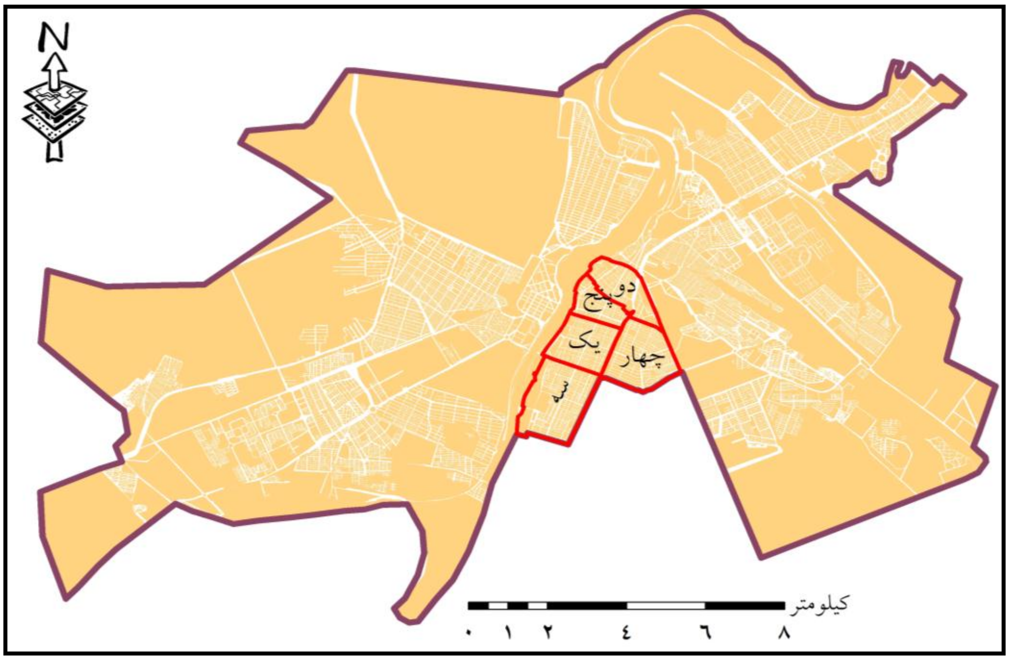
بررسی پهنه بندی مناطق مستعد لرزه خیزی توسط پژوهشگاه زلزله شناسی نشان داده اسـت کـه نقاط و پهنـه‌هـای وسیعی از ایران مستعد آسیب پذیری ناشی از این مخاطره هستند. اسـتان خوزسـتان بـه دلیـل واقـع شـدن در کمربنـد

1 Simulating and Forecasting
2 Analytical Hierarchy Process
3 Geographical Information System

زلزله‌خیز زاگرس، گسل‌های متعددی دارد و گسل اهواز از جمله این گسل‌هاست (نظرپور، ۱۳۹۳: ۲۷). با این حال هدف تحقیق حاضر برآورد تلفات انسانی ناشی از وقوع زلزله احتمالی شبانه در منطقه یک کلان‌شهر اهواز است. سؤال این تحقیق این است که میزان تلفات انسانی در نواحی چهارگانه منطقهٔ یک کلان‌شهر اهواز به‌عنوان پیامدی از زلزله شبانه در شهر اهواز چقدر است؟

۲. منطقه مورد مطالعه

اهواز مرکز استان خوزستان با مساحت ۲۲۲ کیلومترمربع، دارای ۷[1] منطقه شهری است که به وسیله رودخانه کارون به دو نیمه شرقی و غربی تقسیم می‌شود. جمعیت کلان‌شهر اهواز در اولین سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۳۵) برابر ۱۲۰۰۹۸ نفر و در آخرین سرشماری یعنی (۱۳۹۰) برابر با ۱۱۳۳۰۰۳ نفر بوده است (مرکز آمار ایران،۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰). منطقه یک این کلان‌شهر با مساحت تقریبی ۱۰۰۰ هکتار، کم وسعت ترین منطقه شهری اهواز است (مهندسین مشاور معماری و شهرسازی عرصه، ۱۳۹۱: ۱). این منطقه دارای ٤ ناحیه شهری است و جمعیت آن در آخرین دوره سرشماری برابر با ۱۲۵۰۲۵ نفر بوده است (معاونت برنامه‌ریزی و توسعه شهرداری اهواز،۱۳۹۱: ۲۸).



شکل ۲. موقعیت نواحی منطقه یک کلان‌شهر اهواز

۱ کلان شهر اهواز تا سال۱۳۹۱ دارای ۸ منطقه شهری بوده اما در تاریخ ۹۱/۱۱/٤ منطقه پنج (کوت عبدالله) از آن جدا شده و مرکز شهرستان جدید کارون شده است.

پرداختن به مقولهٔ آینده‌نگاری و سناریونویسی مخاطرهٔ زلزله در این شهر از آن جهت اهمیت دارد که اهواز از ابعاد مختلف به‌عنوان یک شهر راهبردی در ایران محسوب می‌شود. این شهر از ابعاد جغرافیای سیاسی– نظامی[1]، جغرافیای اقتصادی[2]، جغرافیای فرهنگی[3]، جغرافیای آب و کشاورزی[4] دارای موقعیت منحصر به فردی می‌باشد که خطرپذیری آن را در برابر مخاطرات نه‌تنها در بعد محلی– منطقه‌ای بلکه در مقیاس ملی قابل توجه ساخته است.

۳. مواد و روش‌ها

این تحقیق کاربردی و از نظر روش شامل دو بخش توصیفی – تحلیلی بوده که در بخش توصیفی با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و تحقیقات انجام شده، مبانی نظری و معیارهای مؤثر در مدل‌سازی تلفات انسانی جمع‌آوری شد و در بخش تحلیلی سعی شده است تا با استفاده از روش تحلیل فازی و مدل نسبت مرگ‌آوری کوبرن و همکاران[5] میزان تلفات انسانی ناشی از زلزله در زمان شب برآورد گردد. با این حال معرفی سناریوی پیشنهادی در ارزیابی آسیب‌پذیری و برآورد تلفات انسانی اولین گام در هر گستره مطالعاتی است. سناریوی فرضی در این پژوهش بر سه متغیر اصلی مؤثر بر میزان تلفات تأکید دارد:

الف) زمان وقوع زلزله در شب است.

ب) محل وقوع زلزله منطقه یک کلان‌شهر اهواز است.

ج) ساختمان‌ها از نظر کالبدی در دو گروه ۱) فلزی و بتنی و ۲) با مصالح بنایی تعریف شده‌اند.

نکته قابل توجه اینکه انعطاف پذیری به منظور افزایش تعداد شاخص‌های منتخب و قابلیت ترکیب با مدل‌های چند معیاری تصمیم گیری از مهم‌ترین مزایای این مدل محسوب می‌شوند. بر این اساس بررسی سوابق مطالعاتی با این مدل، بهره‌گیری از مؤلفه‌های مختلف را نشان داده است که به‌عنوان سابقه‌ای برای پژوهش پیش روست.

مدل منطق فازی

مدل منطق فازی یا منطق تار و نامعین؛ این نظریه برای اولین بار توسط دانشمند ایرانی پرفسور عسکر لطفی زاده، استاد دانشگاه برکلی آمریکا برای اقدام در شرایط عدم اطمینان ارائه شد. این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که غیردقیق و مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استدلال، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. درجه عضویت پذیری، اجتماع و اشتراک، متمم، ضرب، جمع و

1 political-military Geography
2 Economic geography, geography
3 Cultural Geography
4 Agriculture Geography and Hydro politic
5 Coburn and et al

گاما توان‌های اساسی این مدل تلفیق محسوب می‌شوند. برای ایجاد لایه‌ها و مجموعه‌های فازی می‌توان توابع ریاضی چون آستانه خطی، سیگموئیدال،S شکل، هایپربولیک و غیره را به کار برد. به‌عنوان مثال اگر برای مکان‌یابی تأسیسات شهری چون نیروگاه، چند متغیر مانند نزدیکی به راه‌های ارتباطی و یا گسل موردبررسی قرار گیرد، تعیین درجه عضویت به شرح زیر خواهد بود:

$$F(x)=\begin{cases} if \quad x \prec 1000 \rightarrow & value(1) \\ if \quad 4000 \prec x \prec 1000 \rightarrow value = & \dfrac{X_{MAX}-X}{\Delta x} \\ if \quad x \succ 4000 \rightarrow & value(0) \end{cases}$$

یعنی مقدار فازی نقطه ۱۰۰۰ متری از راه‌های ارتباطی برابر با (۱)، مقدار فازی نقطه ٤۰۰۰ متری از راه برابر (۰) و مقدار فازی نقطه ١٦٠٠ متری با استفاده از تابع آستانه خطی برابر۰٫٤٦ خواهد بود. برای تمام لایه‌های دیگر همین عملیات را پیاده‌سازی و فضای منطقه ارزش‌گذاری می‌گردد. شاید بتوان بزرگ‌ترین ضعف این مدل را وزن‌دهی غیراستاندارد که مبتنی بر آراء و عقاید متفاوتی است، نامید. با این وجود از کاربردی‌ترین مدل‌های تلفیق در علوم مختلف از جمله برنامه‌ریزی شهری است (فرهودی و همکاران،١٣٨٤: ١٧ و ١٨).

در تحقیق حاضر به دلیل اثر کاهشی- افزایشی لایه‌ها از تابع گاما استفاده شده است، زیرا این تابع، زمانی استفاده می‌شود که تأثیرات کاهشی و افزایشی در تعامل معیارها وجود داشته باشد. این تابع حالت کلی تابع جمع (Fuzzy Sum) و ضرب (Fuzzy Product) فازی است (چیت‌سازان و همکاران،١٣٩١: ٤٨). برتری عملگر فازی گاما (Fuzzy Gamma) نسبت به دیگر عملگرهای فازی به این خاطر است که برای تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب (Fuzzy Product) و حساسیت خیلی کم عملگر فازی جمع (Fuzzy Sum)، عملگر دیگری به نام عملگر فازی گاما معرفی شده که حد فاصل ضرب و جمع جبری فازی است. اگر در فرمول عملگر فازی گاما، لاندا برابر یک باشد، خروجی، همان نقشه عملگر فازی جمع (Fuzzy Sum) خواهد بود و اگر لاندا برابر صفر باشد، نقشه خروجی همان نقشه عملگر فازی ضرب (Fuzzy Product) خواهد بود (کرم و یعقوب‌نژاد اصل،١٣٩٢: ٢٤٠)

مدل کوبرن یا مدل برآورد تلفات انسانی

برای برآورد تلفات انسانی از نظریه نسبت مرگ‌آوری یا نظریه کوبرن و همکاران که در سال ۱۹۹۲ ارائه گردید (اسفندیاری و همکاران،١٣٩٣: ٢٦)، استفاده شده است. در این مدل با استفاده از لایه جمعیتی منطقه، استانداردهای موجود در جدول (۱) و همچنین اطلاعات به دست آمده از تلفیق نقشه‌ها یعنی تعداد ساختمان‌های تخریب‌شده، میزان تلفات انسانی با کمک فرمول زیر استخراج گردید.

معادله (۱)

$$K_S = C\left[M1 \times M2 \times M3 \times (M4 + M5(1 - M4))\right]$$

K_S: تعداد آسیب‌دیدگان در زلزله شامل مردگان و مجروحان

C: تعداد ساختمان‌های تخریب شده

M1 : تعداد افراد ساکن در هر واحد ساختمانی

M2 : درصد ساکنین مستقر در واحدهای ساختمانی در حین وقوع زلزله که بسته به زمان وقوع زلزله و نوع کاربری ساختمان متغیّر است. به‌عنوان مثال اگر ارزیابی تلفات برای شب باشد، به‌طور متوسط این رقم معادل ۸۰ درصد در نظر گرفته می‌شود.

M3 : درصد تعداد ساکنین گرفتار شده در زیر آوار حاصل از ریزش ساختمان که این مورد می‌تواند بسته به نوع سازه متغیّر باشد که مقادیر استاندارد آن در جدول (۱) آورده شده است.

M4 : درصد مرگ‌ومیر افراد گرفتارشده در زیر آوار (نسبت تلفات بلافاصله پس از فروریختن ساختمان‌ها) که این مورد به نوع سازه ساختمان ارتباط دارد و مقادیر آن برای ساختمان‌های شهری بر اساس نوع اسکلت در جدول (۱) آورده شده است.

M5 : درصد مرگ‌ومیر بعد از ریزش می‌باشد (نسبت مجروحانی که پس از فروریختن و قبل از امدادرسانی می‌میرند) که به‌طور مستقیم به مدیریت بحران بعد از زلزله ارتباط پیدا می‌کندY به‌عنوان مثال اگر امدادرسانی و آواربرداری بلافاصله بعد از وقوع زلزله صورت بگیرد، مقدار آن خیلی کم و اگر امدادرسانی و آواربرداری به‌کندی صورت گیرد، مقدار زیاد خواهد شد (احدنژاد روشتی و همکاران،۱۳۸۹: ۱۸۸).

جدول ۱. مقادیر استاندارد و متوسط هر یک از اجزای به‌کاررفته در معادله شماره ۱

نوع ساختمان	M2 (درصد)	M۳ (درصد)	M4 (تعیین نوع مجروحیت به درصد)				M5 (درصد)
			جزئی	نیاز به بستری شدن	با وضعیت وخیم	فوتی	
مصالح بنایی	۸۰	۶۰	۳۰	۳۰	۲۵	۱۵	۶۰
اسکلت فلزی و بتنی	۸۰	۵۰	۱۰	٤۰	۱۰	٤۰	۹۰

٤. بحث و نتایج

٤-۱. مدل‌سازی تلفات انسانی ناشی از زلزله

تحلیل میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری. مرحله اول: قالب لایه‌های معیارهای مؤثر در تحلیل مورد نظر تصحیح و تغییر داده شده و بر اساس ویژگی مورد نظر رستر شده‌اند. **مرحله دوم:** استانداردسازی نقشه‌های معیار؛ در

این مرحله نقشه‌های مؤثر در مدل‌سازی تلفات انسانی ناشی از زلزله که در مرحله قبل تولید شده را به دلیل عدم همگن بودن واحدهای آن‌ها، جهت استانداردسازی و همگن کردن و همچنین افزایش انعطاف‌پذیری آن‌ها، از ابزار (FuzzyMembership) در محیط ArcGIS استفاده شده است. استانداردسازی فازی در دامنه عددی بین (۰تا۱) می‌باشد. که در این تحقیق به این معنا است که عدد (۱) بیشترین آسیب‌پذیری مناطق مسکونی و (۰) دارای کمتر آسیب‌پذیری مناطق مسکونی می‌باشد. در جدول (۲)، لایه‌ها و نوع توابع به‌کاررفته در (FuzzyMembership) برای استانداردسازی فازی هر معیار بیان شده است.

نقشه‌های استاندارد شده معیارها: در ادامه ۸ معیار مؤثر در تحلیل میزان آسیب‌پذیری مناطق مسکونی را پس از تأثیر توابع فازی در هرکدام از معیارها، آن‌ها را استاندارد کرده، به‌گونه‌ای که میزان آسیب‌پذیری در تمام نقشه‌ها به صورت بازه (۰ تا ۱) نشان داده شده است. در شکل (۳) لایه‌های استاندارد شده معیارهای مؤثر در مدل‌سازی تلفات انسانی ناشی از زلزله نشان داده شده است.

جدول۲. توابع فازی استانداردسازی معیارهای[1] مؤثر در مدل‌سازی تلفات انسانی ناشی از زلزله

شاخص	نوع تابع	شکل تابع فازی[2]	شرایط افزایش آسیب‌پذیری شاخص‌ها
تراکم ساخت	Linear[3]	افزایشی	*افزایش* این شاخص باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
تعداد طبقات	linear	افزایشی	افزایش تعداد طبقات باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
تعداد واحد	linear	افزایشی	افزایش این شاخص باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
سطح اشغال	linear	افزایشی	افزایش سطح اشغال باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
عمر بنا	linear	افزایشی	افزایش عمر ساختمان باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
زیربنا	linear	کاهشی	کاهش میزان این شاخص باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
نوع اسکلت	linear	کاهشی	اسکلت با مقاومت کم باعث افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.
نوع کاربری[4]	–	–	نوع کاربری در افزایش یا کاهش آسیب‌پذیری مؤثر می‌باشد[5].

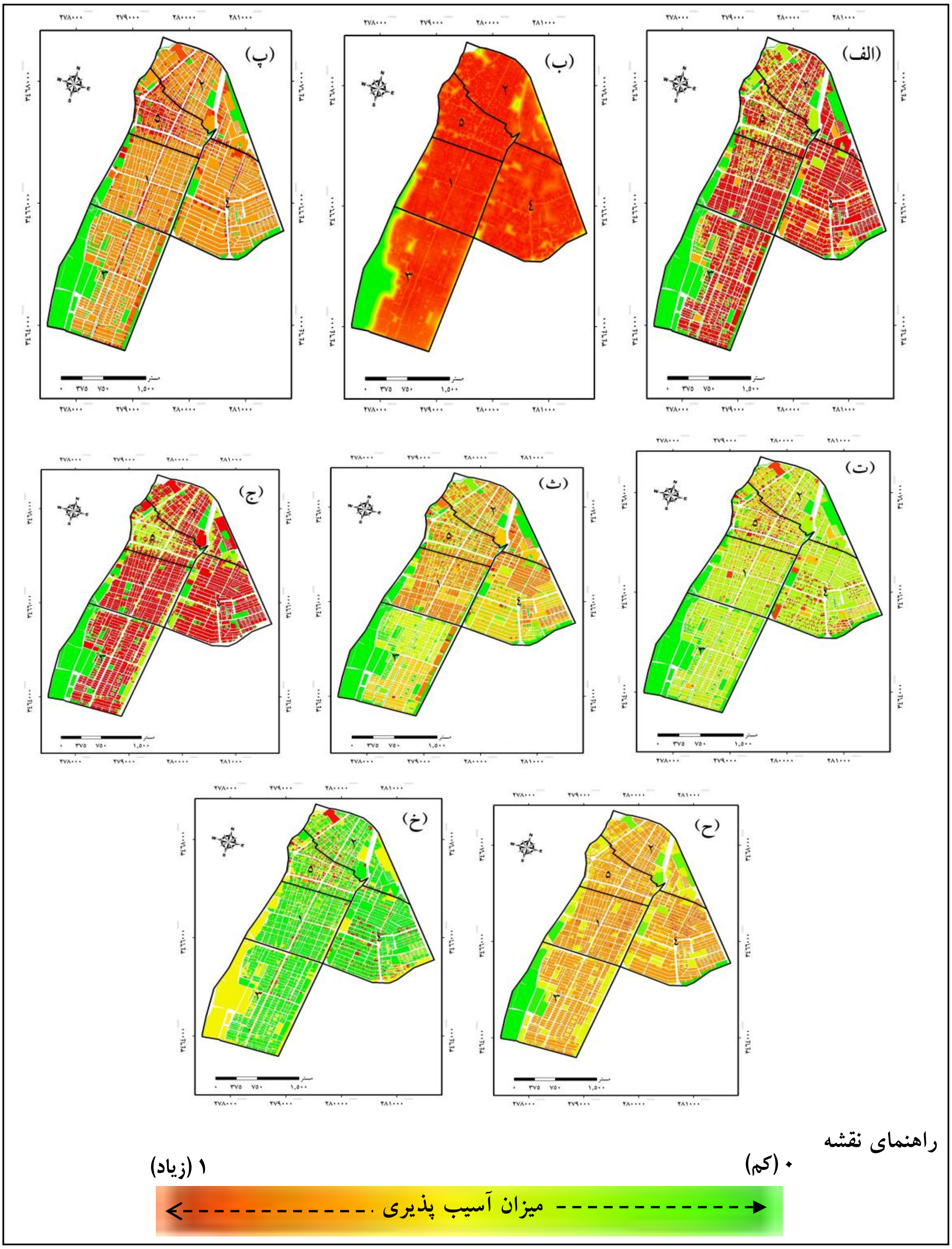
۱ انتخاب معیار با بررسی سوابق مطالعاتی (احد نژاد و همکاران، ۱۳۹۲) و (مشکینی و همکاران ۱۳۹۳) و Coburn,2002 و البته تطبیق اطلاعات به قلمرو مطالعه و همچنین دسترسی به بانک داده‌های مکانی صورت گرفته است.

۲ شکل تابع فازی، افزایش و کاهشی دو حالت از تابع Linear در (Fuzzy Membership) می‌باشد که در اینجا به این معنی می‌باشد. که در حالت افزایش میزان یک شاخص یا فاصله از آن، میزان آسیب‌پذیری افزایش و با حالت کاهش، میزان آسیب‌پذیری کاهش می‌یابد.

۳ Linear: از گزینه‌های (FuzzyMembership) در برنامه (Arc gis) می‌باشد که موارد کاربرد آن در لایه‌هایی است که فاصله گرفتن از آن‌ها یا افزایش امتیاز آن به صورت خطی آسیب‌پذیری را کاهش یا افزایش می‌دهد.

٤ این لایه ابتدا کدینگ (کدبندی) شده سپس در (Fuzzy Membership) بر اساس کدها استاندارد شده است.

۵ برای مثال در میان کاربری‌ها، بیشترین تلفات انسانی مربوط به کاربری مسکونی می‌باشد.



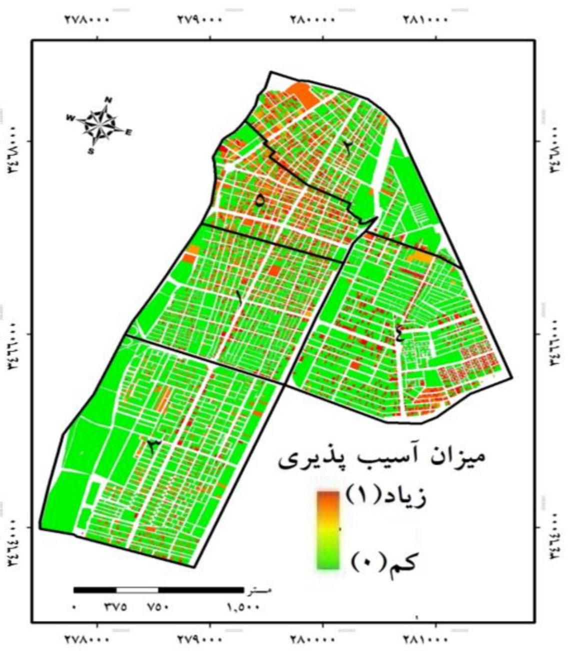
شکل۳. الف: نوع اسکلت ب: تراکم ساختمانی پ: سطح اشغال، ت: تعداد طبقات ث: عمر بنا ج: کاربری اراضی ح: مساحت زیربنا خ: تعداد واحد

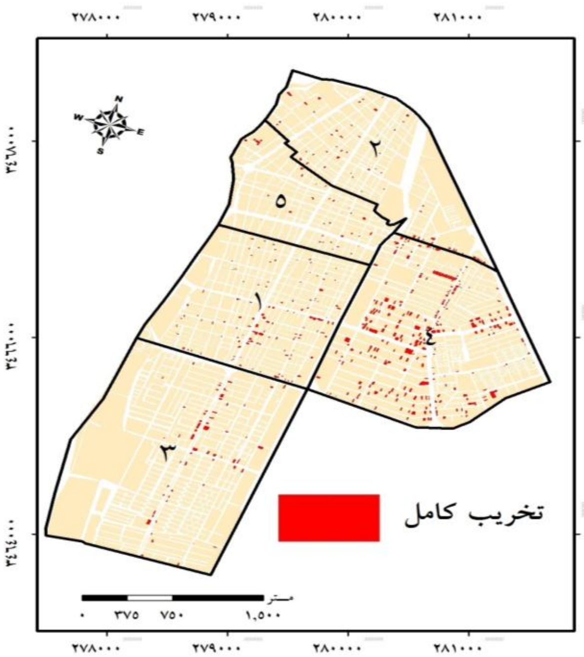
مرحله سوم: همپوشانی کردن لایه‌ها[1]، در این مرحله نقشه‌های استاندارد شده در مرحله قبل را با استفاده از عملگر فازی گاما (۰,۹) درFuzzy Overlay ترکیب می‌کنیم که نقشه خروجی آن نشان‌دهنده‌ی میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر وقوع زلزله در شب می‌باشد (شکل٤).

مرحله چهارم: طبقه‌بندی ساختمان‌های نواحی پنج‌گانه منطقه یک و استخراج ساختمان‌های با وضعیت تخریب کامل (شکل٥).

جدول٤. توزیع تعداد ساختمان‌های مسکونی تخریب شده نواحی منطقه یک شهر اهواز

نام ناحیه	ناحیه ۱	ناحیه ۲	ناحیه ۳	ناحیه ٤	ناحیه ٥
تعداد ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتنی	۵۱	۲۶	۲۸	۹۰	۱۴
تعداد ساختمان‌های با مصالح بنایی	۴۹	۲۰	۲۶	۴۲	۱۰
مجموع	۱۰۰	٤٦	٥٤	۱۳۲	۲٤
درصد ساختمان تخریبی نواحی	٪ ۲	٪ ۲	٪ ۱	٪ ۲	٪ ۲





شکل٤. میزان آسیب‌پذیری ساختمان‌های نواحی پنج‌گانه   شکل٥. ساختمان‌های تخریبی نواحی پنج‌گانه

1 Index Overlayers

جدول۳. آسیب‌پذیری ساختمان‌های مسکونی نواحی منطقه یک شهر اهواز در طیف‌های مختلف

ناحیه	تعداد کل ساختمان‌های مسکونی ناحیه	آسیب جزئی و قابل‌اغماض	آسیب کم	آسیب متوسط	آسیب سنگین	تخریب کامل
یک	٦٦٣٦	٥٢٦٤	٤٥١	٠	٨٢١	١٠٠
دو	٢٨١٦	٢٠٢١	٣٤٢	١	٤٠٦	٤٦
سه	٤٩١٩	٣٩٤٤	٣٤٢	٠	٥٣٨	٥٤
چهار	٦٢٦٣	٥٣٤٣	٣٥٣	٢	٥٣٨	١٣٢
پنج	١٣٠٢	٧٤٦	٢٣٢	١	٢٩٩	٢٤

۲-٤. برآورد تلفات انسانی

در این مقاله برای تخمین مقدار تلفات انسانی ابتدا نقشه درجه آسیب‌پذیری ساختمان‌های نواحی پنج‌گانه منطقه یک کلان‌شهر اهواز با ترکیب ۸ معیار مؤثر در سنجش آسیب‌پذیری ساختمان در برابر زلزله تهیه شد و سپس ساختمان‌های شهری در طیف آسیب‌پذیری جزئی تا تخریب کامل طبقه‌بندی شدند (جدول۳ و شکل ٤). ازاین‌رو ساختمان‌های با وضعیت تخریب کامل را محاسبه کرده (جدول٤ و شکل۵) و مبنای برآورد تلفات انسانی در نظر گرفته شد. مقدار (C) در معادله برآورد تلفات انسانی (معادله ۱) ازاین‌روش به دست آورده شد. در ادامه برای برآورد تعداد تلفات انسانی لایه‌ی ساختمان‌های با وضعیت تخریب کامل در دو دسته ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتنی و ساختمان‌های با مصالح بنایی[1] تقسیم شده و در برنامه سیستم اطلاعات جغرافیایی بر روی بلوک‌های آماری سال ۱۳۹۰ قرار داده شده‌اند و تعداد تلفات انسانی بر اساس جدول (۱)، در این برنامه محاسبه گردیدند. این نکته نیز قابل ذکر است ازآنجاکه ممکن است در هر بلوک آماری چندین ساختمان وجود داشته باشد در این تحقیق از میانگین آمار جمعیتی در هر بلوک استفاده شده است. چنانچه بخواهیم آمار دقیق‌تری از تلفات داشته باشیم بهتر است تا آمار جمعیتی را به تفکیک قطعه داشته باشیم که در این تحقیق به چنین آماری دسترسی وجود نداشته است.

۱ ساختمان فاقد اسکلت و سایر ساختمان‌هایی که در گروه ساختمان‌های با اسکلت فلزی و بتنی قرار نمی‌گیرند در گروهی با عنوان ساختمان‌های با مصالح بنایی قرار داده شده‌اند.

جدول۵. برآورد تلفات انسانی ساختمان‌های مسکونی با اسکلت فلزی و بتنی نواحی منطقه یک شهر اهواز

نام ناحیه	جمعیت ۱۳۹۰	تعداد افراد گرفتار شده در زیر آوار	مجروحان سبک	مجروحان نیاز به بستری	مجروحان وخیم	مرگ‌ومیر گرفتار شده در زیر آوار۱(الف)	مرگ‌ومیر بعد از ریزش (ب)	میزان تلفات انسانی
ناحیه ۱	۳۰۰۳۶	۳۰۵	۶۱	۲۴۴	۶۱	۲۴۴	۵۴۹	۱۴۶۴
ناحیه ۲	۱۵۸۵۲	۱۴۶	۲۹	۱۱۷	۲۹	۱۱۷	۲۶۳	۷۰۱
ناحیه ۳	۳۳۷۸۴	۱۷۰	۳۴	۱۳۶	۳۴	۱۳۶	۳۰۵	۸۱۵
ناحیه ٤	۳۹۵۱۶	۱۱۹۱	۲۳۸	۹۵۲	۲۳۸	۹۵۲	۲۱۴۳	۵۷۱۴
ناحیه ٥	۵۸۳۷	۵۰	۱۰	۴۰	۱۰	۴۰	۹۱	۲۴۱
جمع	۱۲۵۰۲۵	۱۸۶۲	۳۷۲	۱۴۸۹	۳۷۲	۱۴۸۹	۳۳۵۱	۸۹۳۵

جدول٦. برآورد تلفات انسانی ساختمان‌های مسکونی با مصالح بنایی نواحی منطقه یک شهر اهواز

نام ناحیه	جمعیت ۱۳۹۰	تعداد افراد گرفتار شده در زیر آوار	مجروحان سبک	مجروحان نیاز به بستری	مجروحان وخیم	مرگ‌ومیر گرفتار شده در زیر آوار (الف)	مرگ‌ومیر بعد از ریزش (ب)	میزان تلفات انسانی
ناحیه ۱	۳۰۰۳۶	۳۶۲	۱۸۱	۱۸۱	۱۵۱	۹۱	۳۶۲	۱۳۲۸
ناحیه ۲	۱۵۸۵۲	۱۱۷	۵۹	۵۹	۴۹	۲۹	۱۱۷	۴۳۰
ناحیه ۳	۳۳۷۸۴	۲۵۳	۱۲۷	۱۲۷	۱۰۶	۶۳	۲۵۳	۹۲۹
ناحیه ٤	۳۹۵۱۶	۴۳۶	۲۱۸	۲۱۸	۱۸۲	۱۰۹	۴۳۶	۱۵۹۹
ناحیه ٥	۵۸۳۷	۵۴	۲۷	۲۷	۲۳	۱۴	۵۴	۱۹۹
جمع	۱۲۵۰۲۵	۱۲۲۳	۶۱۱	۶۱۱	۵۱۰	۳۰۶	۱۲۲۳	۴۴۸۴

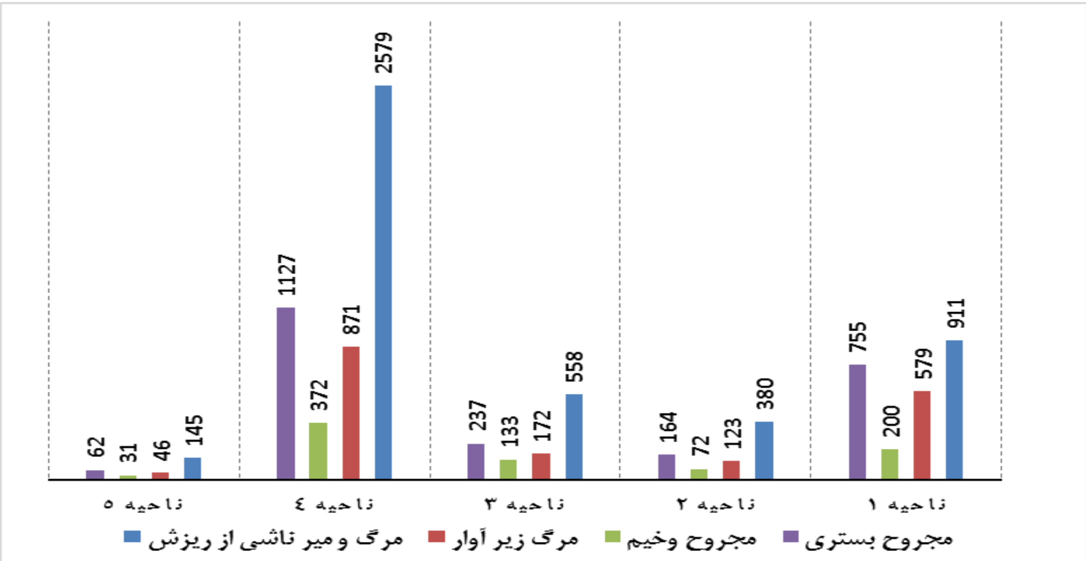
برای محاسبه میزان تلفات انسانی از ۸ معیار استفاده گردید که مدل به کار گرفته شده برای تحلیل آن‌ها مدل منطق فازی بوده است. در مرحله اول؛ میزان آسیب‌پذیری مناطق مسکونی (جدول۳) و در مرحله دوم؛ میزان تلفات انسانی بر اساس نوع سازه ساختمان‌های شهری برآورد شده (جدول۵ و٦) و در ادامه مجموع تلفات انسانی نواحی پنج‌گانه منطقه یک کلان‌شهر اهواز برآورد شده است (جدول۷). در جدول (۸)، درصد تلفات انسانی و نسبت تلفات به جمعیت هر ناحیه نیز محاسبه گردید و در نهایت نواحی از نظر میزان تلفات و آسیب‌های انسانی نیز رتبه‌بندی گردیدند.

۱ تفاوت مرگ و میر گرفتار شده در زیر آوار (الف) و مرگ و میر بعد از ریزش (ب) در این است که مقدار مرگ و میر (الف) نسبت تلفات بلافاصله پس از فرو ریختن ساختمان‌ها می‌باشد و میزان آن با توجه به نوع سازه ساختمان تغییر می‌کند برای مثال میزان آن برای ساختمان‌های فلزی و بتنی (۴۰ درصد) و برای ساختمان‌های با مصالح بنایی (۱۵ درصد) می‌باشد، اما مقدار مرگ و میر (ب) با توجه به زمان امداد رسانی تغییر می‌کند برای مثال افزایش زمان امدادرسانی باعث افزایش مرگ و میر می‌شود یا به عبارت دیگر نسبت مجروحانی که پس از فروریختن و قبل از امدادرسانی می‌میرند.

جدول۷. برآورد مجموع تلفات انسانی ساختمان‌های مسکونی نواحی منطقه یک شهر اهواز

نام ناحیه	جمعیت ۱۳۹۰	تعداد افراد گرفتار شده در زیر آوار	مجروحان سبک	مجروحان نیاز به بستری	مجروحان وخیم	مرگ‌ومیر گرفتار شده در زیر آوار (الف)	مرگ‌ومیر بعد از ریزش (ب)	میزان تلفات انسانی
ناحیه ۱	۳۰۰۳۶	۶۶۷	۲۴۲	۷۵۵	۲۰۰	۵۷۹	۹۱۱	۳۳۵۴
ناحیه ۲	۱۵۸۵۲	۲۶۳	۸۸	۱۶۴	۷۲	۱۲۳	۳۸۰	۱۰۹۰
ناحیه ۳	۳۳۷۸۴	۴۲۳	۱۶۱	۲۳۷	۱۳۳	۱۷۲	۵۵۸	۱۶۸۴
ناحیه ٤	۳۹۵۱٦	۱۶۲۶	۴۵۶	۱۱۲۷	۳۷۲	۸۷۱	۲۵۷۹	۷۰۳۱
ناحیه ٥	۵۸۳۷	۱۰۴	۳۷	۶۲	۳۱	۴۶	۱۴۵	۴۲۵
جمع	۱۲۵۰۲۵	۳۰۸۳	۹۸٤	۲۳٤۵	۸۰۸	۱۷۹۱	٤۵۷۳	۱۳۵۸٤

بر اساس یافته‌های تحقیق ناحیه ٤ به‌عنوان آسیب پذیر ترین ناحیه در مواجه با زلزله احتمالی محسوب می‌شود. در این ناحیه میزان مرگ‌ومیر احتمالی ناشی از ریزش ابنیه و ملحقات سازه‌ای معادل ۲۵۷۹ نفر پیش بینی شده است. بافت قدیمی، ناپایداری مصالح و تراکم نسبتاً بالای ساختمانی از مهم‌ترین دلایل این الگوی آسیب پذیری محسوب می‌شوند. در این ارتباط ناحیه ۵ با تراکم پایین و بافت نوساز کمترین میزان تلفات را نشان داده است.



شکل۵. تلفات انسانی ساختمان‌های مسکونی نواحی منطقه یک شهر اهواز

جدول۸. رتبه‌بندی نواحی پنج‌گانه منطقه یک شهر اهواز بر اساس تلفات انسانی

نام	میزان تلفات	درصد	رتبه تلفات	تلفات / جمعیت	رتبه نسبت تلفات	اولویت ایمن سازی
ناحیه ۱	۳۳٥٤	۲٥	۲	۱۱	۲	دوم
ناحیه ۲	۱۰۹۰	۸	٤	۷	۳	چهارم
ناحیه ۳	۱٦۸٤	۱۲	۳	٥	٥	سه
ناحیه ٤	۷۰۳۱	٥۲	۱	۱۸	۱	یک
ناحیه ٥	٤۲٥	۳	٥	۷	٤	پنج
جمع	۱۳٥۸٤	۱۰۰	–	–	–	–

بر اساس یافته‌های مستخرج از تحلیل مکانی و مدلسازی آماری بـر اسـاس مـدل کـوبرن، اولویـت‌هـای مـدیریت جامع بحران زلزله برای کاهش میزان نلفات در زلزله احتمالی منطقه یک شهراری اهواز به دست آمـده اسـت. بـر ایـن اساس ناحیه ٤ در اولویت اول ایمن سـازی ابنیـه قـرار دارد و پـس از آن بـه ترتیـب ناحیـه یـک، دو، پـنج و سـه در اولویت‌های ایمن سازی قرار دارند.

٥. نتیجه‌گیری

امروزه با توجه به روند رو به رشد جمعیت و تراکم جمعیتی در منـاطق شـهری بـه‌ویـژه در منـاطق پرجمعیـت و مستعد از نظر لرزه‌خیزی، لزوم نگرش همه‌جانبه و فراگیر به حوادث طبیعی ازجمله زلزله و فجـایع ناشـی از آن، بـیش از پیش ضروری است. جهت مقابله اصولی با این پدیـده و کاسـتن از میـزان آسـیب‌هـای آن نیـاز بـه انجـام سلسـله مطالعاتی در خصوص آسیب‌پذیری کالبدی و تخمین میزان خسارت مالی و جانی به وجـود آمـده در اثـر زلزلـه‌هـای احتمالی می‌باشد تا با روشن شدن وضعیت آسیب‌پذیری‌ها، به بررسی عوامـل آسـیب‌زا و شـناخت نقـاط ضـعفی کـه باعث تشدید آسیب‌های مالی و جانی است، پرداخته شود (اسفندیاری و همکاران،۱۳۹۳: ۱۷). از آنجـایی کـه ارزیـابی تمامی عوامل مؤثر در آسیب‌پذیری شهر به‌طور یکجا امکان‌پذیر نمی‌باشد، ازاین‌رو در این مقاله جهت دست یـافتن بـه این هدف با استفاده از ۸ معیار و با کمک مدل‌های فازی و کوبرن به بررسی میزان تلفات انسانی ناشـی از وقـوع زلزلـه در هنگام شب در نواحی منطقه یک شهر اهواز پرداخته شده است. طبق یافته‌هـای تحقیـق در قسـمت مـدل فـازی از نظر تعداد ساختمان‌های تخریبی ناحیه چهار به علت اینکه اکثر این ناحیـه مسـکونی و دارای بافـت فشـرده و متـراکم می‌باشد و بخشی از آن به نام کوی یوسفی دارای بافت فرسوده و قدیمی اسـت بـا ۱۳۲ سـاختمان بیشـترین میـزان و ناحیه پنج به علت اینکه اکثر بافت این ناحیه تجاری و اداری می‌باشد با ۲٤ سـاختمان کمتـرین تعـداد سـاختمان‌هـای تخریبی را به خود اختصاص داده‌اند. هرچند که به جزء ناحیه سه در سایر نواحی نسبت ساختمان‌هـای تخریـب شـده به کل ساختمان‌های هر ناحیه حدود ۲ درصد می‌باشد. در قسمت مدل برآورد تلفات انسانی بیشـترین تلفـات مربـوط به ناحیه چهار می‌شود که ۳۱ درصد جمعیت منطقه یک را در خود جـای داده اسـت. بـا ایـن حـال ٥۱ درصـد کـل

تلفات انسانی منطقه یک را با میزان ۷۰۳۱ نفر به خود اختصاص داده است که تلفات زیاد این ناحیه را می‌توان در بافت فرسوده بخشی از آن، تراکم جمعیتی زیاد محلات آزادشهر و کوی یوسفی و همچنین در نوع کاربری که اغلب بافت آن را ساختمان مسکونی به خود اختصاص داده، دانست. کمترین میزان تلفات انسانی نیز مربوط به ناحیه پنج است که ۵ درصد از جمعیت منطقه را به خود اختصاص داده اما ۳ درصد کل تلفات انسانی منطقه یک را با میزان ٤۲۵ نفر را شامل شده است که تلفات کم آن را می‌توان در تراکم پایین جمعیتی این ناحیه به‌ویژه محله بازار عبدالحمید با تراکم جمعیتی۱۸ نفر در هکتار، دانست زیرا این ناحیه از شهر در موقع شب خلوت بوده و نوع کاربری غالب آن، تجاری و اداری می‌باشد.از نظر نسبت تلفات به جمعیت هر ناحیه، آسیب‌پذیری آن‌ها به این ترتیب بوده است که: نواحی چهار (۱۸ درصد)، یک (۱۱ درصد)، دو (۷ درصد)، پنج (۷درصد) و در نهایت ناحیه سه (۵درصد) دچار تلفات انسانی در جمعیت خود شده‌اند. بنابراین در رتبه‌بندی نهایی نواحی پنج‌گانه منطقه شهر اهواز بر اساس میزان جمعیت، میزان تلفات انسانی و نسبت جمعیت به تلفات انسانی به ترتیب از آسیب‌پذیرترین به کم آسیب-پذیرترین شامل نواحی چهار، یک، سه، دو و پنج می‌باشند.

در کل می‌توان گفت یافته‌ها حاکی از آن است که عواملی از جمله ویژگی کالبدی ابنیه، میزان تراکم جمعیتی، نوع کاربری اراضی و به‌ویژه زمان وقوع زلزله در میزان تلفات انسانی زلزله مؤثر هستند؛ به‌گونه‌ای که هرچند ناحیه پنج دارای بافت فرسوده و قدیمی است، اما به خاطر دو پارامتر زمان وقوع زلزله (شب‌هنگام این ناحیه کمترین میزان جمعیت را دارد) و نوع کاربری غالب (تجاری و اداری) کمترین میزان تلفات انسانی را در برگرفته است و در مقابل ناحیه چهار با وجود اینکه بخش‌های زیادی از این ناحیه دارای ویژگی کالبدی مناسبی می‌باشد اما به خاطر پارامترهایی چون زمان وقوع زلزله (برگشت جمعیت در شب‌هنگام به محل زندگی)، کاربری غالب (مسکونی) و تراکم بالای جمعیتی بیشترین میزان تلفات انسانی را به خود اختصاص داده است.

پیشنهادها

در این تحقیق به این نتیجه دست‌یافتیم که علاوه بر ویژگی‌های کالبدی بنا عوامل دیگری از جمله کاربری غالب، تراکم جمعیتی و زمان وقوع زلزله نقش مؤثری را در میزان تلفات انسانی این منطقه از کلان‌شهر اهواز ایفا می‌کند ازاین‌رو پیشنهاد می‌گردد:

- در زمینه تراکم جمعیتی به‌ویژه در نواحی یک، سه و چهار در طرح‌های شهری تجدید نظر صورت گیرد و تمهیداتی در نظر گرفته شود تا از تراکم بیشتر جمعیت در این نواحی جلوگیری شود.
- در طرح‌های تفصیلی آینده در کاربری‌های نواحی مختلف شهری تغییر صورت گیرد و کاربری‌ها به صورت مختلط پیشنهاد گردند نه غالب.

• شهرداری و نهادهای مسئول به ساکنان نواحی که ضریب نفوذپـذیری معـابر در آن‌هـا کـم اسـت بـه‌ویـژه نواحی یک، سه و پنج مجوز سطح اشغال یا تراکم ساختمان پایین‌تری اعطاء کنند.

• افزایش مشارکت نهادها در زمینه کمک به نوسازی بافت‌های فرسوده و تشویق ساکنان نـواحی ایـن منطقـه از طریق اعطاء وام با بهره کم.

• پراکنش مناسب پایگاه‌های امدادرسانی جهت کمک سریع بـه مصـدومان و کـاهش تلفـات انسـانی بعـد از وقوع زلزله در سطح نواحی مختلف.

شکل (٦)، مراحل پیشنهادی کاهش تلفات انسانی در برابر زلزله شبانه در اهواز نشان داده شده است.



شکل٦. عملیات کاهش تلفات انسانی ساختمان‌های شهری در برابر زلزله شبانه در اهواز

کتابنامه

ابراهیم‌زاده،عیسی؛ کاشفی دوست،دیمن؛ ۱۳۹۳. مدیریت بحران و مکان یابی بهینه پایگاه‌های اسکان موقـت بـا اسـتفاده از منطـق فازی و مدل تحلیل شبکه ای (مطالعه موردی: شهر پیرانشهر). مجله جغرافیـا و مخـاطرات محیطـی، شـماره ۱۲، صـص۸۷ مشهد

ابوئی اشکذری، علیرضا؛ ۱۳۹۱. مدیریت بحران زلزله با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS (نمونـه مـوردی).اسـتاد راهنما: کاظم رنگزن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز.

احدنژاد روشتی، محسن؛ جلیل‌پور، شهناز؛ ۱۳۹۲. ارزیابی عوامل درونی تاثیرگذار در آسیب‌پذیری ساختمان‌های شـهری در برابـر زلزله با استفاده از GIS(نمونه موردی: بافت قدیم شهر خوی). فصلنامه آمایش محیط. شماره۲۰. صص۵۲-۲۳. اصفهان.

اسفندیاری، فریبا؛ غفاری گیلانده، عطا و لطفی، خداداد؛ ۱۳۹۳. بررسی توان لرزه‌زایی گسل‌ها و بـرآورد تلفـات انسـانی ناشـی از زلزله در مناطق شهری مطالعه موردی: شهر اردبیل. پژوهش‌های ژئوموفولـوژی کمـی. سـال دوم. شـماره ٤. صـص ٣٦-١٧. تهران.

بزرافکن، شهرام؛ نظرپور دزکی، رضا؛ ۱۳۹۳. سنجش خطرپذیری ناشی از زلزله در مناطق نفـت‌خیـز جنـوب بـا مـدل«FAHP» جهت مدیریت بحران (مطالعه موردی: شهرستان مسجد سلیمان). اولین کنفـرانس ملـی جغرافیـا، گردشـگری. منـابع طبیعی و توسعه پایدار. تهران.

بمانیان، محمد رضا؛ رفیعیان، مجتبی؛ خالصی، محمد مهدی؛ بمانیان، رضـا؛ ۱۳۹۱. کـاهش خطرپـذیری شـهر از بلایای طبیعی (زلزله) از طریق برنامه‌ریزی کاربری زمین«مطالعه موردی: ناحیه۵ منطقـه۳ تهـران. دوفصـلنامه مدیریت بحران. شماره دوم. صص۱۵-۵. تهران

رهنمایی،محمد تقی؛ محمدی ده چشمه، مصطفی؛ ۱۳۸۸. تحلیلی جغرافیایی بـر نتـایج اکولـوژیکی ناشـی از مهـاجرت در شـهر اهواز. مجله اطلاعات سیاسی – اقتصادی. شماره ۲۵۹ و ۲٦۰ . صص ۲۹۷. تهران.

عرب‌اله فیروزجاه، علی؛ ۱۳۹۰. نقش طرح‌های توسعه شهری (جامع و تفصیلی) در کـاهش آسـیب‌پـذیری شـهر بابـل از زلزلـه. استاد راهنما: ابوالفضل مشکینی. استاد مشاور: مهدی پورطاهری. پایان‌نامـه کارشناسـی ارشـد رشـته جغرافیـا و برنامـه‌ریـزی شهری. دانشکده علوم انسانی.دانشگاه تربیت مدرس. تهران.

عزیزی، محمدمهدی؛ اکبری، رضا؛ ۱۳۸۷. ملاحظات شهرسازی در سنجش آسیب پذیری شهرها از زلزله، نشـریه هنرهـای زیبـا. شماره ٣٤. صص٣٦-٢٥.

قدیری، محمود؛ رکن‌الدین افتخاری، عبدالرضا؛ ۱۳۹۲. رابطه ساخت اجتماعی شهرها و میزان آسیب‌پذیری در برابـر خطـر زلزلـه (مطالعه موردی: محلات کلان‌شهر تهران). مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال٢٤. شماره ٢. صص١٧٤-١٥٣.اصفهان.

کوهی، محمد؛ ۱۳۹۳. سیستم پشتیبان تصمیم گیـری مکـانی در مـدیریت بحـران طبیعـی در بخشـی از شـهر سـنندج – اسـتان کردستان. استاد راهنما: دکتر کاظم رنگزن. پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش‌از دور و GIS. دانشکده علـوم زمـین. دانشـگاه شهید چمران اهواز.

محمدی ده چشمه، مصطفی؛ ۱۳۹۲. ایمنی و پدافند غیرعامل شهری. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. چاپ اول . اهواز.

مشکینی، ابوالفضل؛ قائد رحمتی، صفر؛ شعبان‌زاده نمینی، رضا؛ ۱۳۹۳. تحلیل آسیب‌پذیری بافت شـهری در برابـر زلزلـه (منطقـه مورد مطالعه: منطقه دو شهرداری تهران). پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ٤٦. شماره٤. صص٨٥٦-٨٤٣ تهران.

ملکی، سعید؛ مودت، الیاس؛ ۱۳۹۲. ارزیابی و رتبه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی شهرها در برابر زلزلـه مـدل‌هـای µD،TOPSIS و GIS (مطالعه موردی: شهر یزد). مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا. شماره۳. صص۱٤۲-۱۲۷.تهران.

وطنی اسکویی، اصغر؛ ۱۳۸۷. مدیریت بحران و روند ارزیابی ساختمان‌های آسیب دیده از زلزله. مجله فنـاوری و آمـوزش. سـال سوم. شماره۱. صص۲٤-۹.تهران.

Ahadnezhad R. M., 2010. Urban Social Vulnerability Assessment against Earthquakes, (Case Study: Zanjan). Urban and Regional Studies. Vol. 2, No. 7.

Ahadnezhad Raveshti, M. M. Gharakhlou & K. Ziyari., 2010. modeling of the vulnerability of building cities for earthquakes using Analytic Hierarchy Process in GIS case study: Zanjan", Journal of Geography and Development, No. 19, Pp. 171-198.

Chitsazan, M; F. Dehghani; F. Rast manesh & Y. Mirzaee., 2012. "municipal solid waste disposal site selection using fuzzy logic and spatial information technologies AHP Fuzzy-AHP (case study: Rāmhormoz) ". Journal of Remote Sensing and GIS in Natural Resource Sciences, Vol. 4, No. 1, Pp.39-55.

Coburn Andrew, Spence, Robin., 2002. Earthquake Protection, second edition John Wiley &son, Ltd.

Consulting Engineers of Fajr, "distressed areas & empowerment of communities in Ahwaz: Lshkrabad, Alavi dormitory, dormitory Tourist", Project Director Mehran Alal hesabi, 2012.

Ebert, A., Kerle, N., Stein, A., 2008. "Urban social vulnerability assessment with physical proxies and spsial metrics derived form air-and spaceborne imagery and gis data ". Journal of Nathazards, 48(2).

FEMA., 2013. Cascadia Subduction Zone Earthquakes: A Magnitude 9.0 Earthquake Scenari. CREW PRESS.

ISDR., 2008. The structure role and mandate of civil protection in disaster risk reduction for south eastern Europe.

Karam, A. & N. Yaghoub Nezhad., "The use of fuzzy logic in assessing the suitability of land for the physical development of the city, Case Study: Karaj Metropolis", Journal of Geography, new era, Vol. 11, No. 36, Pp. 231-249, 2013. [In Persian]

Lantada Nieves, Pujades Luis, Barbat, Alex., 2008. Vulnerability Index and Capacity Spectrum Based Method for Urban Seismic Risk Evaluation, Journal of Nathazards, DOI 10.007/s11069-007-9212-4.

Mansour Naimi, E., "Location of Temporary Settlement during Natural Disasters in Khuzestan-Ahvaz Zone One Using GIS and artificial Intelligence Algorithm ", Supervisor: K. Rangzan, Advisor: M. Kabolizadeh, Master thesis, Faculty of Earth and GIS, martyr University Chamran., 2014. [In Persian]

Rahnama, A & M. Talee., 2012. "Prioritizing Tehran earthquake reconstruction in urban areas to help the fuzzy model & GIS". Journal of Logistics Environment. Volume 5, No. 16, Pp.51-74.

Shibata Akenori., 2006. Estimation of earthquake damage to urban systems, Structural and Control Health Monitoring, 13:454–47.

UN Habitat., 2008. "Enhancing Urban Safety and Security: Global Report on Human Settlements ".

Van den Berg, Leo., 2003. The safe city: safety and urban development in European cities, Ash gate publishing company.